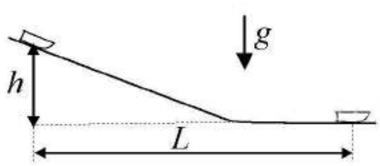
**Физика 10 класс.**




1. Горка представляет собой наклонную плоскость, внизу плавно сопряжённую с горизонтальной плоскостью. Санки, находящиеся на горке на высоте $h$, толкнули вниз, сообщив им некоторую начальную скорость вдоль горки. После этого санки остановились на горизонтальной плоскости, преодолев по горизонтали расстояние $L$ (см. рис.). На какое ещё расстояние $X$ проедут санки, если им опять сообщить ту же начальную скорость? Коэффициент трения между санками и горкой (а также горизонтальной плоскостью) равен $\mu$. Участок закругления горки короткий.

**Решение.**

При движении на санки действует сила трения $F_{тр1}$ на наклонном участке, и — $F_{тр2}$ на горизонтальном участке. При этом

$$F_{тр1,2} = \mu N_{1,2}, \qquad (1) \qquad \textbf{(1 б.)}$$

где сила реакция опоры

$$N_1 = mg\cos\alpha, \qquad (2) \qquad \textbf{(1 б.)}$$

$$N_2 = mg, \qquad (3)$$

где $m$ — масса санок, $\alpha$ — угол наклона горки. Пусть длины этих участков равны $l_1$ и $l_2$ соответственно. Тогда работа, совершаемая силой трения на этих участках $A_{тр1}$ и $A_{тр2}$, определяется выражением

$$A_{тр1,2} = -F_{тр1,2} l_{1,2}. \qquad (4) \qquad \textbf{(1 б.)}$$

С другой стороны

$$l_1\cos\alpha + l_2 = L. \qquad (5)$$

Из уравнений (1) — (5) находим суммарную работу силы трения

$$A_{тр1} + A_{тр2} = -\mu mgL. \qquad (6) \qquad \textbf{(1 б.)}$$

Запишем баланс энергии для случая, когда санки толкнули с горки

$$0 - (E_к + E_п) = A_{тр1} + A_{тр2}, \qquad (7) \qquad \textbf{(1 б.)}$$

где $E_к$ — кинетическая энергия, полученная санками при толчке, а $E_п$ — потенциальная энергия санок на высоте $h$

$$E_п = mgh. \qquad (8) \qquad \textbf{(1 б.)}$$

Из уравнения (7) с учётом уравнений (6) и (8) находим

$$E_к = \mu mgL - mgh. \qquad (9) \qquad \textbf{(1 б.)}$$

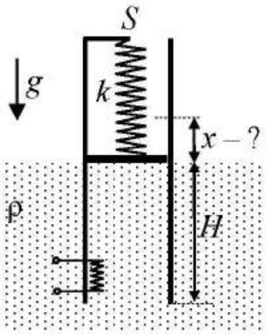
Когда санки толкнули во второй раз с той же начальной скоростью, у них будет та же кинетическая энергия $E_к$. С учётом того, что в этом случае они двигаются только по горизонтальному участку, баланс энергии примет вид

$$0 - E_к = A_{тр} = -\mu mgX . \qquad (10) \qquad \textbf{(1 б.)}$$

Приравнивая $E_к$ найденное из (9) и (10), получим

**ответ:** $$X = L - h/\mu . \qquad \textbf{(2 б.)}$$

2. Вертикальная трубка сечения $S$ погружена на глубину $H$ в жидкость плотности ρ. В неё вставлен лёгкий поршень, подпёртый недеформированной пружиной жёсткости $k$ (см. рис.). Жидкость под поршнем начинают нагревать при помощи спирали, расположенной у нижнего конца трубки. В результате плотность жидкости в трубке уменьшается до $\rho_0$. На какую высоту $x$ поднимется поршень? Оба конца трубки открытые. Трением пренебречь. Ускорение свободного падения $g$.




**Решение.**

После нагревания жидкости под поршнем и изменения её плотности до $\rho_0$ возникает разность давлений столбов жидкостей снаружи и внутри трубки. Разность сил этих давлений приводит к деформации пружины. Условие равновесия поршня при этом выглядит следующим образом

$$F = F_0 + F_{\text{у}}. \qquad (1) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

Здесь $F$ и $F_0$ — силы гидростатических давлений столбов жидкостей плотности ρ (снаружи трубки) и — $\rho_0$ (внутри трубки) соответственно, равны

$$F = \rho g H S, \qquad (2) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

$$F_0 = \rho_0 g (H + x) S. \qquad (3) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

Сила упругости пружины

$$F_{\text{у}} = kx. \qquad (4) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

Подставив (2) — (4) в (1), выразив $x$, получим

**ответ:** $$x = \frac{(\rho - \rho_0) g H}{\rho_0 g + k/S}. \qquad \textbf{(2 б.)}$$

3. Электрическая цепь собрана из идеального источника ЭДС, идеальных вольтметра и амперметра и трёх резисторов. Сопротивления резисторов равны $R_1 = 6$ кОм, $R_2 = 3$ кОм и $R_3 = 2$ кОм, соответственно. ЭДС источника составляет $\mathcal{E} = 9$ В, вольтметр показывает $U = 6$ В, а амперметр — $I = 0{,}5$ мА. Нарисуйте описанную электрическую цепь, обозначив все элементы.

**Решение.**

При последовательном соединении всех трёх резисторов полное сопротивление

$$R_1 + R_2 + R_3 = 11 \text{ кОм},$$

а при параллельном соединении

$$\frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3} = 1 \text{ кОм}.$$

При соединении одного разистора параллельно двум другим последовательно соединённым резисторам, полное сопротивление цепи оказывается равным:

$$\frac{R_1(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{30}{11} \text{ кОм},$$

$$\frac{R_2(R_1 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{24}{11} \text{ кОм},$$

$$\frac{R_3(R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{18}{11} \text{ кОм}.$$

Видно, что при таких соединениях резисторов ни на одном участке этих цепей невозможно получить указанные показания приборов. **(2 б.)**

Поэтому цепь должна состоять из двух последовательно соединенных участков. При этом очевидно, что один участок будет содержать только один резистор, а другой — два параллельно соединенных резистора. **(2 б.)**

Следовательно, на один участок падает падает $U = 6$ В, а на другой — $\mathcal{E} - U = 3$ В. Из равенства токов на этих участках следует, что отношение сопротивлений этих участков равно отношению напряжений

$$\frac{U}{\mathcal{E} - U} = 2.$$

Из трёх резисторов при попарном параллельном соединении можно получить следующие значения

$$\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 3 \text{ кОм},$$

$$\frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} = 1{,}5 \text{ кОм},$$

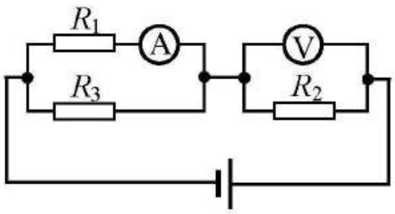
$$\frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = 1{,}2 \text{ кОм}.$$

Из них только второй вариант даёт искомое отношение сопротивлений, равное 2.

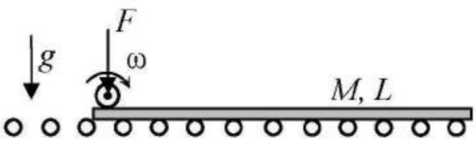
Таким образом, получаем цепь из резистора $R_2$ последовательно соединённого с параллельно соединёнными резисторами $R_1$ и $R_3$. **(2 б.)**

Очевидно, вольтметр должен быть подключён к резистору $R_2$, а амперметр — к резистору с сопротивлением $(\mathcal{E} - U) / I = 6$ кОм, т.е. к резистору $R_1$. **(2 б.)**

**Ответ:** **(2 б.)**



4. Длинная доска массы $M$ покоится в горизонтальном положении на валиках. У самого края доски её сверху с силой $F$ придавливают вращающимся с угловой скоростью $\omega$ валиком радиуса $R$. Сколько оборотов совершит верхний валик к моменту, когда скорость доски станет максимальной? Трением между доской и нижними валиками пренебречь. Длина доски $L$. Коэффициент трения между поверхностями верхнего валика и доски равен $\mu$.




**Решение.**

Доска под действием силы трения будет двигаться равноускоренно с ускорением $a$. При этом её уравнение движения имеет вид

$$Ma = \mu F \quad \Rightarrow \quad a = \frac{\mu F}{M}. \qquad \textbf{(2 б.)}$$

Если в процессе взаимодействия валика и доски проскальзывание прекращается, то максимальная скорость будет равна $\omega R$, и она достигается через время

$$t = \frac{\omega R}{a} = \frac{M\omega R}{\mu F}. \qquad \textbf{(2 б.)}$$

Поделив найденное время на период обращения валика $T = 2\pi/\omega$, находим искомое число оборотов

$$N = \frac{t}{T} = \frac{M\omega^2 R}{2\pi\mu F}. \qquad \textbf{(1 б.)}$$

В противном случае, когда проскальзывание не прекращается, доска достигнет свою максимальную скорость, равную $\sqrt{2aL}$ к моменту выскакивания из-под валика, соответственно, через время

$$t = \sqrt{\frac{2L}{a}} = \sqrt{\frac{2LM}{\mu F}}. \qquad \textbf{(2 б.)}$$

Аналогично предыдущему, находим число оборотов в этом случае

$$N = \frac{\omega}{2\pi}\sqrt{\frac{2LM}{\mu F}}. \qquad \textbf{(1 б.)}$$

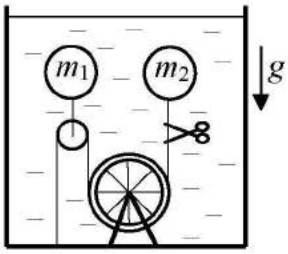
**Ответ:**

$$N = \frac{M\omega^2 R}{2\pi\mu F} \quad \text{при} \quad \omega R \le \sqrt{2\frac{\mu F}{M}L}, \qquad \textbf{(1 б.)}$$

$$N = \frac{\omega}{2\pi}\sqrt{\frac{2LM}{\mu F}} \quad \text{при} \quad \omega R \ge \sqrt{2\frac{\mu F}{M}L}. \qquad \textbf{(1 б.)}$$

**Примечание**. *Ответ имеет смысл даже для нецелого числа оборотов.*

5. Система состоит из двух шариков одинакового объёма, массой $m_1$ и $m_2$, и двух блоков — подвижного и неподвижного (см. рис.). Шарик массой $m_1$ прикреплён к подвижному блоку, а массой $m_2$ — к нити, перекинутой через два блока и закреплённой на дне. Система погружена в жидкость и находится в равновесии. На сколько изменится сила давления жидкости на дно сосуда, если перерезать нить? Массой блоков и нити, а также их объёмом, пренебречь. Трения нет. Ускорение свободного падения $g$.




**Решение.**

Рассмотрим $F$ — суммарную силу, действующую на дно со стороны блока и нити, перекинутой через блок. Пусть $T$ — натяжение нити, перекинутой через блок. Тогда

$$F = 3T\,. \qquad (1) \qquad \textbf{(4 б.)}$$

После того как перерезали нить, сила давления на дно изменилась на эту величину.

Условия равновесия шаров до перерезания нити имеют вид

$$m_1 g + 2T = F_{\text{A}}\,, \qquad (2) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

$$m_2 g + T = F_{\text{A}}\,, \qquad (3) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

где $F_{\text{A}}$ — Архимедова сила, действующая на шарик. Выразив $T$ из (2) и (3) и подставив результат в (1) находим

**ответ:** $$F = 3T = 3\left(m_2 - m_1\right) g\,. \qquad \textbf{(2 б.)}$$